

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-299791

(43)Date of publication of application : 14.11.1995

(51)Int.Cl.

B25J 17/00

F16H 3/44

F16H 3/70

(21)Application number : 06-324000

(71)Applicant : TEIJIN SEIKI CO LTD

(22)Date of filing : 02.12.1994

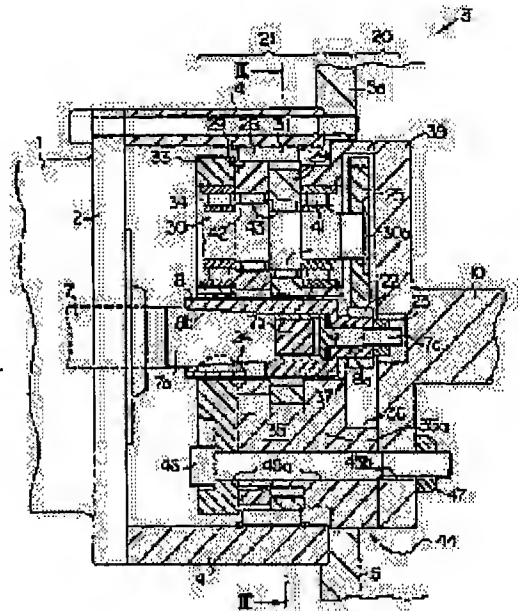
(72)Inventor : MATSUMOTO KAZUYUKI
HASHIMOTO MASATAKA
IWATA MITSUYOSHI

(54) DECELERATION DEVICE FOR JOINT DRIVE OF INDUSTRIAL ROBOT

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide possibilities of shifting a point where the max. vibration is generated to outside the working region by installing a planetary gearing device and a parallel axis type gearing device, arranging the gears in the specific condition, and specifying the reducing gear ratios and the total gearing ratio of the overall device.

CONSTITUTION: A rotary shaft 7 of a motor 1 is coupled with the input shaft 8 of a reduction gear device 3, whose output shaft, 10 is coupled with a robot arm. The device 3 is composed of a fore-stage reduction gear machine 20 consisting of a parallel shaft type gearing device and a rear-stage reduction gear machine 21 consisting of a planetary gearing device. An exteriorly cogged gear 29 is installed between the input gear 22 and output gear 25 and one-side end face of a support 44, and the input gear 22 and output gear 25 are located between the other side end face of the support 44 and the exteriorly cogged gear 20. The gear ratio of the fore-stage reduction machine 20 is set to $1/2-1/5$, while the gear ratio of the rear-stage reduction machine 21 is set to $1/25-1/60$, and the overall gearing ratio is set to $1/110-1/190$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.12.1994

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2561227

[Date of registration] 19.09.1996

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

18.03.2005

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-299791

(43) 公開日 平成7年(1995)11月14日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 5 J 17/00	E			
F 1 6 H 3/44	Z	8609-3 J		
3/70		8609-3 J		

審査請求 有 発明の数1 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願平6-324000
(62) 分割の表示	特願昭61-61637の分割
(22) 出願日	昭和60年(1985) 3月18日

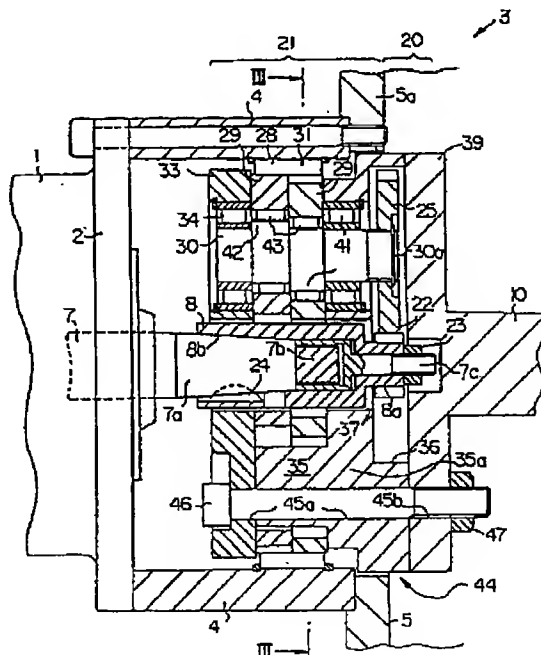
(71) 出願人	000215903 帝人製機株式会社 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目9番1号
(72) 発明者	松本 和幸 岐阜県大垣市綾野5-125-10
(72) 発明者	橋本 正孝 岐阜県不破郡垂井町府中1879
(72) 発明者	岩田 満善 岐阜県不破郡垂井町岩手751-10
(74) 代理人	弁理士 野上 邦五郎

(54) 【発明の名称】 産業ロボットの関節駆動用減速装置

(57) 【要約】

【目的】 最も大きな振動がロボットに生じる時のポイントをロボットによる作業のうち溶接作業等のように正確な作業軌跡を要する作業の領域外にシフトできる産業ロボットの関節駆動用減速装置を提供する。

【構成】 産業ロボットの関節駆動用減速装置において、前段減速手段の平行軸型歯車装置と、後段減速手段の偏心揺動型遊星歯車装置とから構成され、平行軸歯車装置の入力歯車および出力歯車と偏心揺動型遊星歯車装置の外歯歯車と支持体の側端面とを一定の位置関係にし、前段減速比を $1/2 \sim 1/5$ の範囲内とし、後段減速比を $1/25 \sim 1/60$ の範囲内として、総減速比を $1/110 \sim 1/190$ としている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内歯歯車、該内歯歯車に噛み合う外歯歯車、該外歯歯車に係合してこれを偏心揺動させる複数のクランク軸、およびそれらクランク軸を軸受を介して支持すると共に外歯歯車の自転運動を被駆動部に伝達する出力部材としての支持体を有する偏心揺動型の遊星歯車装置と、

前記遊星歯車装置の外歯歯車および支持体を挿通し、モータ回転軸嵌合用の嵌合孔が設けられた一端部および該一端部より小径であって自由端の他端部を有し、かつ前記支持体と同一軸上に配設された入力軸部材としての回転軸、該回転軸の他端部に結合された入力歯車、および該入力歯車に噛み合うと共に前記各クランク軸にそれぞれ結合された出力歯車、を有する平行軸型歯車装置と、を備え、

前記入力歯車および前記出力歯車と前記支持体の前記回転軸一端部側平端面との間に前記外歯歯車が位置し、前記支持体の前記回転軸他端部側平端面と前記外歯歯車との間に前記入力歯車および前記出力歯車が位置し、前記支持体の前記回転軸他端部側平端面をロボットアーム駆動軸取付用着座面とし、前記平行軸歯車装置の減速比を $1/2 \sim 1/5$ の範囲内とし、前記遊星歯車装置の減速比を $1/25 \sim 1/60$ の範囲内とし、前記平行軸歯車装置と前記遊星歯車装置とにより総減速比を $1/110 \sim 1/190$ としたことを特徴とする産業ロボットの関節駆動用減速装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は産業ロボットの関節駆動用減速装置に関する。

【0002】

【従来の技術とその問題点】産業ロボットにおいては、一般に、作業に適した出力トルクを得るために、アーム等の関節部の駆動系には、高速低トルクの電動サーボモータまたは電動パルスモータと、この出力を低速高トルクに変換する減速装置とを用いている。また、そのような減速装置は、例えば、減速比 $1/120$ 程度の大減速比を有していること、また、歯車間のガタ、すなわち、いわゆるバックラッシュが小さいこと、さらに、慣性を小さくするため軽量であること等が要求される。

【0003】このような要求を満たす従来の減速装置としては、例えば、特開昭59-175986号公報に開示されているような調和歯車装置（撓み噛合式の遊星歯車装置）および特開昭59-106744号公報に開示されているような偏心揺動型の遊星歯車装置がある。前者の減速比は一般に $1/80 \sim 1/320$ 程度であり、後者の減速比は一般に $1/6 \sim 1/200$ 程度である。また、前者は後者に比して減速比当たりの外径、重量が小さく、かつ、ほとんどのロボットアームの関節部の駆動用減速装置として必要な減速比および機械的強度を満

足している。したがって、ロボットアームの関節部駆動用減速装置のほとんどは調和歯車装置単体が適用され、さらに、調和歯車装置でも得られないほどの大減速比を必要とするもの、すなわち、小容量高速回転（例えば、出力が1000ワット以下で回転数が5000rpm）型のモータをロボットアームの駆動に用いる場合のように $1/625$ 程度の減速比を必要とするもの、については特開昭56-152594号公報に開示されているように調和歯車装置に前段減速装置を結合したものが用いられている。

【0004】しかしながら、上述した各減速装置をロボットの関節装置に用いた場合、減速装置に入力する電動モータ回転数が低い領域で減速装置とロボットアーム等とがねじり共振を起こすという問題点があった。共振現象としては、ロボットアームの関節部近傍にねじり振動が現われることが多く、その結果、ロボットアームの先端位置が定まらなくなり、ロボットによる作業のうち溶接、シーリング、組立等、一般に電動モータの低回転数領域で行われる作業において、正確な作業軌跡を得られない等の問題が生じる。

【0005】このような問題に対し、特開昭58-211881号公報には、発生した振動を打ち消すように電動モータの速度指令信号を変化させる電氣的制御方式が提案されている。しかしながら、このような方式においてはフィードバックゲインを大きくすると系が不安定となり、特に剛性の低いロボット駆動系においては、逆に発振し易くなるという問題を生じるため、ゲインを大きくできず、したがって、充分な振動打ち消し効果を得不

【0006】また、特開昭59-175986号公報には高張力を与えたタイミングベルトで減速機を駆動し、該ベルトで振動を吸収する方式のものが提案されている。しかしながら、この方式においてはタイミングベルトが破断するという危険がある。また、特開昭59-115189号公報には減速機の主軸にばねとおもりから成る吸振器を取付ける方式が提案されている。しかし、この方式においては遠心力により吸振器が破損したり、ロボットの負荷荷重に対応しておもり等を調整しなければならぬという問題点がある。さらに、これらのものは、複雑になり、部品数も多くなるという問題点がある。

【0007】

【発明の目的】そこで、本発明は、最も大きな振動がロボットに生じる時のポイントを、ロボットによる作業のうち溶接作業等のように正確な作業軌跡を要する作業の領域外にシフトできる産業ロボットの関節駆動用減速装置を提供することを目的とする。

【0008】

【発明の構成】本発明は、産業ロボットの関節駆動用減速装置において、内歯歯車、該内歯歯車に噛み合う外歯

歯車、該外歯歯車に係合してこれを偏心揺動させる複数のクランク軸、およびそれらクランク軸を軸受を介して支持すると共に外歯歯車の自転運動を被駆動部に伝達する出力部材としての支持体を有する偏心揺動型の遊星歯車装置と、前記遊星歯車装置の外歯歯車および支持体を挿通し、モータ回転軸嵌合用の嵌合孔が設けられた一端部および該一端部より小径であって自由端の他端部を有し、かつ前記支持体と同一軸上に配設された入力軸部材としての回転軸、該回転軸の他端部に結合された入力歯車、および該入力歯車に噛み合うと共に前記各クランク軸にそれぞれ結合された出力歯車、を有する平行軸型歯車装置と、を備え、前記入力歯車および前記出力歯車と前記支持体の前記回転軸一端部側端面との間に前記外歯歯車が位置し、前記支持体の前記回転軸他端部側端面と前記外歯歯車との間に前記入力歯車および前記出力歯車が位置し、前記支持体の前記回転軸他端部側端面をロボットアーム駆動軸取付用着座面とし、前記平行軸歯車装置の減速比を $1/2 \sim 1/5$ の範囲内とし、前記遊星歯車装置の減速比を $1/25 \sim 1/60$ の範囲内とし、前記平行軸歯車装置と前記遊星歯車装置とにより総減速比を $1/110 \sim 1/190$ としたことを特徴とするものである。

【0009】

【実施例】以下、本発明に係る産業ロボットの関節駆動用減速装置を図面に基づいて説明する。第1図ないし第3図は本発明の請求項1（第1発明）に係る一実施例を示す図である。

【0010】まず、構成について説明する。第1図は本発明に係る産業ロボットの関節駆動用減速装置を用いたロボットの関節部の全体概略図である。1は電動モータであり、電動モータ1のフランジ2は減速装置3の筒体4に固定されている。筒体4は第1部材としての第1アーム5の先端部5aに固定されている。電動モータ1の出力の回転軸（駆動軸）7は減速装置3の入力回転軸（入力軸部材）8（第2図）に連結され、減速装置3の出力は軸10に伝達され、軸（出力軸部材）10は円筒体11を貫通してロボットの第2アーム12に固定されている。

【0011】第2アーム12の端部の筒状体13と第1アーム5の先端部5aの下面から下方に突出する円筒型の突出体15との間には一対のベアリング16が介装され第2アーム12は第1アーム5に回転自在に支持されている。突出体15の内周面と円筒体11の中央部の外周面との間には一対のベアリング17が介装されている。円筒体11の上部および下部の内面と軸10との間にはそれぞれ一対のベアリング18が介装されている。したがって、減速装置3は電動モータ1の回転数を減速してロボットの被駆動部すなわち第2アーム12を回転させる。また、電動モータ1、減速装置3、第2アーム12および第2アームに接続された負荷は駆動系を構成

する。

【0012】減速装置3は第2図および第3図に示すように、電動モータ1の回転数を減速する前段回転伝導手段としての前段減速機20に連結され、回転数をさらに減速する後段回転伝導手段としての後段減速機21と、から構成されている。前段減速機20は通常の平行軸歯車装置であり、平歯歯車により構成され、後段減速機21の遊星歯車装置の入力側に設けられ、後段減速機21とはわざわざ異なる型式になされている。

【0013】電動モータ1の回転軸7の先端部7aはテーパ軸であり、先端にねじ7bを有する。ねじ部7bにはモータ出力軸の一部を構成する連絡軸7cが螺合されている。8は入力回転軸であり、先端部8aに前段減速機20のピニオン22が設けられると共にモータ回転軸7を貫通させる孔8bを有し、且つ孔8bは回転軸7をテーパ部と係合するテーパ孔部を有する。入力回転軸8は電動モータ1の回転軸7の先端部7aにナット23によりねじ止めされる。回転軸7の先端部7aは入力回転軸8に半月キー24により固定されている。すなわち、入力回転軸8は、電動モータ1の回転軸7と同軸に配置され、後段減速機21の外歯歯車29を挿通して電動モータ1の回転軸7を覆うようにして回転軸7に嵌合する一端部およびこの一端部より小径の他端部を有している。このような構成により入力回転軸8の先端部8aの軸径はモータの回転軸7の軸径より小さくすることができ、したがって、ピニオン22の歯数はモータ回転軸7に歯車を直接装着させる場合に比べ、少なくすることができ、容量の割に回転軸径の大きい市販電動モータ1を用いる場合であっても、所定の前段減速比を得ることができる。ピニオン22に噛み合う3個の平歯車25は、後述する3本の入力クランク軸30にそれぞれ結合している。

【0014】遊星歯車装置（後段減速機）21は筒体4に固定して設けられた内歯歯車28と、内歯歯車28に噛み合う一対の外歯歯車29と、外歯歯車29に係合して外歯歯車29を揺動回転させる偏心入力軸としての3本の入力クランク軸30と、から構成されている。また、内歯歯車28はピン歯31を用いたピン歯車で構成され、かつ外歯歯車29の歯数より1つだけ多い歯数を有している。33は円板状のフランジであり、フランジ33は遊星歯車装置21の前端部を構成し、かつ、入力クランク軸30を円周上に等配しベアリング34を介して軸支している。

【0015】35はブロック体であり、ブロック体35はその中心部に軸方向の円筒状孔37を有し、入力回転軸8が遊嵌されている。同様に外歯歯車29およびフランジ33の中心部にも孔が設けられている。ブロック体35はその後端部に凹み36を設けたフランジ部35aを有し、軸10のフランジ部39に対向している。凹み36とフランジ部39とによって形成された空洞内に

は、前段減速機20が収納されている。ブロック体35のフランジ部35aは入力クランク軸30を円周上に等配しベアリング41を介して軸支している。入力クランク軸30の延在部30aは凹み36内に突出し、平歯車25に固定されている。

【0016】入力クランク軸30は円板部33とブロック体35の円周上に軸支され、入力クランク軸30の中央には180°の位相差をもつ一對のクランク部42を有し、各クランク部42はベアリング43を介して外歯歯車29を偏心揺動させるようにしている。ここで、前述したフランジ部33と、ブロック体35とは支持体44を構成する。フランジ部33、ブロック体35およびフランジ部39は複数のボルト46および固定ナット47により同時に一体的に固定されている。

【0017】電動モータ1の回転は回転軸7および入力回転軸8を介して前段減速機20のピニオン22に伝達され、前段減速機20で減速される。前段減速機20の出力は平歯車25の歯車軸により遊星歯車装置21のクランク軸30に入力される。次いで、クランク軸30の回転により偏心揺動させられる外歯歯車29と、この外歯歯車29と噛み合い外歯歯車29より1つ多い歯数を有する内歯歯車28とによりさらに減速され、外歯歯車29のゆっくりした自転運動はキャリアとして作用する支持体44から軸10に伝達されアーム12が回転される。

【0018】本実施例においては、入力回転軸8から軸10までの総減速比は、1/120に設定されている。一般に、遊星歯車装置単体が現実にとり得る減速比は当該歯車の歯数の許容応力等から自ずとその上限、下限が定まるものであり、本願の「外歯歯車に係合して外歯歯車を駆動するカム軸を有する型式の遊星歯車装置」においては、実在物としての上限は1/320程度で、下限は1/10程度である。したがって、本実施例における総減速比1/120は、第2段減速部21としての遊星歯車装置単体の実在する減速比の範囲1/10程度～1/320程度内に設定されている。

【0019】また本実施例においては、電動モータ1の通常制御回転数（ロボットの通常作業時、例えば溶接ロボットに主作業たる溶接作業を行わせる時のモータ回転数）は0～1000rpm、前段減速機20の減速比 i_1 は1/3、遊星歯車装置21の減速比 i_2 は1/40、減速装置3の総減速比は上述したように1/120、電動モータ1、減速装置3および第2アーム12を含んで構成される駆動系の固有ねじり振動数 f は約8.4Hzである。したがって、電動モータ1は産業ロボットの駆動系の固有ねじり振動数に対応する回転数（8.4Hzに相当する500rpm）を通常制御域（0～1000rpm）内に有している。また、前段減速機20は電動モータ1の通常制御域における毎秒最高回転数（1000rpmに相当する毎秒16.7回転）

を、駆動系の固有ねじり振動数 f （約8.4Hz）以下になるよう（毎秒5.6回転）に減速する減速比 i_1 （1/3）を有している。第2アームと軸10を中心としたねじりばね定数 K_1 は約37.5kg・m/分である。

【0020】次に作用について説明する。電動モータ1を0～1000rpmの通常回転数で回転させると、減速比 i_1 が1/3の前段減速機20の出力回転数は0～333rpmとなり、減速比 i_2 が1/40の後段減速機21の出力回転数は0～8.3rpmとなり、この範囲では実質的に有害となるような振動は生じない。電動モータ1の出力回転数が1500rpm近辺（このときの前段減速機20の出力回転数は1500rpm×1/3=500rpm近辺、遊星歯車減速機21の出力回転数は1500rpm×1/3×1/40=12.5rpm近辺）で最大共振現象が生じ、この時の振動が最も大きい。このような共振現象が電動モータ1の通常回転数領域外で生じる理由は明らかではないが、実験結果から推定するとそのような共振現象の主因となるトルク変動が前段減速機20ではなく、後段減速機21に生じ、そのトルク変動が実施例のような偏心揺動型の遊星歯車装置では入力軸（クランク軸30）1回転当たり1生じるためと考えられる。

【0021】この実施例では、電動モータの通常の回転数領域において遊星歯車装置の入力軸の最高回転数は、333rpm、すなわち毎秒5.6回であり、トルク変動は毎秒5.6回発生することになる。このため、毎秒5.6回のトルク変動があっても駆動系の固有ねじり振動数 f （約8.4Hz）より小さく、かつ離れているので、共振現象は生じないものと考えられる。調和歯車装置（撓み噛み合い式遊星歯車装置）は、実験結果から推定すると、入力軸（ウェーブジェネレータ）の1回転当たりの2つのトルク変動が生じる。なお、電動モータ1および前段減速機20の振動が駆動系の共振に影響を及ぼさないのは、これらの振動は小さいこと、後段部21を介することにより吸収されること等によるものと考えられる。

【0022】

【実験例】前述の実施例の減速装置の他に次表の比較例1～3に示す減速装置について実施した振動測定試験について説明する。比較例1、2の偏心揺動型の遊星歯車装置は、クランク軸および外歯歯車の揺動によるアンバランスを防いで振動の振幅を小さくするため、前述の実施例同様に外歯歯車を2枚としこれらを180度の位相差をもって組み付けたもので、かつ、内歯歯車が外歯歯車の歯数より1つ多い歯数を有するものを用いた。また、調和歯車装置は内歯歯車が外歯歯車の歯数より2つ多い歯数を有するものを用いた。それぞれ、減速装置の減速段数、減速比 i_1 、 i_2 、回転ばね定数 K_1 （第9図参照）および慣性モーメント J は次表に示してある。

【0023】

【表1】

【0024】実験は第5図に示す全体構成図によって実施した。すなわち、電動サーボモータ51の出力軸51aに減速装置52を取付け、減速装置52の主力軸52aにロボットの被駆動部（第2アーム）の慣性モーメントJに相当する慣性負荷としてフライホイール53が取付けられた。フライホイール側面53aの半径上の位置に、円周方向の加速度および振幅を測定できる圧電素子を利用した加速度ピックアップ54を取り付けた。この加速度ピックアップ54の出力はインジケータ56に連結されている。モータ51、減速装置52およびフライホイール53から成る駆動系の固有振動数f₀は約8.4Hzになるよう調整してある。電動モータの回転数を変化させて、その時のフライホイールの加速度の大きさを測定した。測定結果は第4図に示す。横軸は電動サーボモータ51の回転数であり、縦軸は加速度ピックアップ54で検出された円周方向の加速度（単位：G）を示す。

【0025】比較例1、比較例2および比較例3においては、共振のピークはそれぞれ、電動モータ51の回転数が、略750rpm、略500rpmおよび250rpmのときであり、電動モータ51の通常制御回転数0~1000rpmの範囲で最も大きな振動が生じている。しかしながら、本発明に係る減速装置を用いた実施例の場合には、電動モータの通常制御領域外である1500rpmを中心とする近傍で共振ピークが生じ、この時の振動が最も大きい。

【0026】次に、本発明の請求項2（第2発明）に係る産業用ロボットの関節駆動用減速装置の一実施例を図面に基づいて説明する。

【0027】第6図において、50は本発明の第2実施例の産業ロボットの関節駆動用減速装置である。関節駆動用減速装置50は電動モータ1、前段減速機20および遊星歯車装置21が軸方向に順次配設され、電動モータ1の出力軸7には入力回転軸8が取着されている。入力回転軸8のモータ1側端には前段減速機20の入力歯車22が一体に設けられ、その中間には大歯部51aと大歯部51aより歯数の少ない小歯部51bを有する第1アイドルギヤ51が回転自在に支持されている。

【0028】遊星歯車装置21のクランク軸30の一端にはモータ1側に突出した延在部30aが設けられている。延在部30aのモータ1側端には第2アイドルギヤ52が回転自在に支持され、その中間には前段減速機20の出力歯車25が固着されている。第2アイドルギヤ52は入力歯車22と噛み合いこれにより歯数の多い大歯部52aおよび大1アイドルギヤ51の大歯部51aと噛み合いこれにより歯数の少ない小歯部52bを有する。出力歯車25は第1アイドルギヤ51の小歯部51bと噛み合いこれより多い歯数を有する。入力回転軸

8、入力歯車22、出力歯車25、延在部30a、および第1、第2アイドルギヤ51、52は前段減速機20としての平行歯車装置を構成する。アイドルギヤ51、52を入れることにより、容量の割に回転軸径の大きい市販電動モータ1を用いる場合であっても、所定の前段減速比を得ることができる。他の構成および作用は前述した第1実施例と同じであるので、該実施例の説明に用いた符号を第6図に付け、その説明を省略する。

【0029】なお、後段回転伝導手段としての偏心揺動型遊星歯車装置を用いた本発明においては、前段減速機の減速比をロボットの固有ねじり振動数と電動モータの毎秒当たり最高回転数との比より大きくすることにより最大共振現象の発生を電動モータの最高回転数以上の領域にシフトすることができる。例えばロボットの固有ねじり振動数f₀が5~9Hz、電動モータ回転数が最高2000rpm、および必要減速比が1/110~1/320の場合は、前段減速比i₁を1/3.7~1/6.7、後段減速比i₂を1/30~1/60から選択すればよい。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、第1発明および第2発明のそれぞれによれば、本来なら、噛み噛み合い型遊星歯車装置（調和歯車装置）や偏心揺動型遊星歯車装置のように内歯歯車、内歯歯車に噛み合う外歯歯車および該外歯歯車に係合してこれを駆動するカム軸を有する型式の単一の遊星歯車装置（以下、「カム軸入力型遊星歯車装置」と言う。）により総減速比を満足できる産業ロボットの関節駆動用減速装置において、偏心用動型遊星歯車装置（後段回転伝導手段）の入力側にわざわざ平行軸歯車装置（前段回転伝導手段）を設けて前段回転伝導手段と後段回転伝導手段とにより上記総減速比を得るようにしているので、本発明に係る減速装置をロボットの関節駆動に用いてロボットに共振が生じるとしても最大共振現象の生じるポイント若しくは最も大きな振動の生じるポイントを、従来に比し格段に高い駆動源（電動モータ）回転数領域あるいは所望の駆動源回転数領域にシフトさせることができる。したがって、最も大きな振動の生じる時のポイントを、ロボットによる作業のうち溶接作業等のように正確な作業軌跡を要する作業の領域外にシフトさせることができ、ロボットの作業効率の向上に寄与することができる。

【0031】加えて、第1発明によれば、平行軸歯車装置が遊星歯車装置を貫通する回転軸を有すると共に、その回転軸が、偏心揺動型の遊星歯車装置の外歯歯車を挿通してモータの駆動軸を覆うようにして該駆動軸に嵌合する一端部および該一端部より小径の他端部を有しているので、回転軸の他端軸径をモータ軸径より補足することができ、モータ軸径が太い場合であっても簡単な構造により入力歯車の大きさを小さく設定することも、大きく設定することもできる。その結果、モータ軸径が太い

場合であっても平行軸歯車装置の減速比を幅広い値から選定することができ、上記最大共振現象の生じるポイントをシフトさせることのできる領域に充分に確保することができる。

【0032】また、第2発明によれば、平行軸歯車装置がモータ軸に結合される入力歯車、入力歯車に噛み合うと共に遊星歯車装置のクランク軸に結合された出力歯車、および入力歯車と出力歯車との間でこれらに噛み合うアイドルギヤを有するため、モータ軸径が太い場合であっても平行軸歯車装置の減速比を第1発明の場合より幅広い値から選定することができ、上記最大共振現象の生じるポイントをシフトさせることのできる領域を充分に確保することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る産業ロボットの関節装置の第1実施例の全体概略説明図

【図2】第1実施例の減速装置の要部断面図

【図3】図2の 矢視断面図

【図4】本発明に係る産業ロボットの関節装置の実施例*

*および比較例の性能の説明図

【図5】図4に係る実施例の全体構成図

【図6】本発明の第2実施例の要部断面図

【符号の説明】

1 電動モータ

3 減速装置

5 第1アーム

8 入力回転軸（入力軸部材）

12 第2アーム（第2部材）

20 前段減速機（前段回転伝導手段、平行軸歯車装置）

21 後段減速機（後段回転伝導手段、遊星歯車装置）

28 内歯歯車

29 外歯歯車

30 入力クランク軸（カム軸、クランク軸）

33、35a フランジ（支持体）

51 第1アイドルギヤ、第2アイドルギヤ（アイドルギヤ）

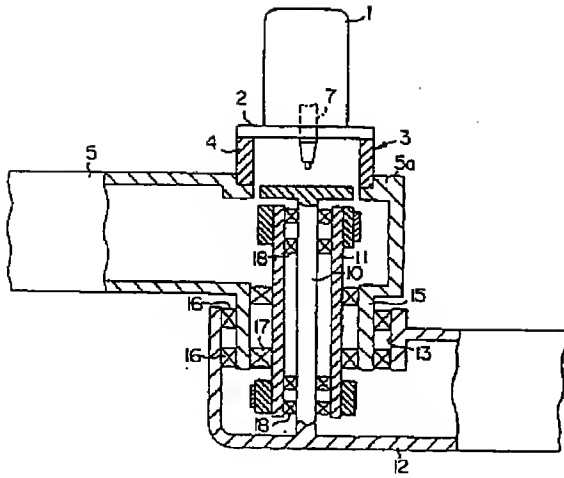
【表1】

	実施例	比較例1	比較例2	比較例3
（注1） 減速装置の種類	平歯歯車 減速および遊星歯 車減速	平歯歯車 減速および遊星歯 車減速	遊星歯車 減速	調和歯車 装置
減速段数	2 段	2 段	1 段	1 段
減速比 前段 i_1 後段 i_2	$1/3$ $1/40$	$1/1.5$ $1/80$	$1/120$	$1/120$
総減速 i	$1/120$	$1/120$	$1/120$	$1/120$
回転ばね定数 K1 (kg・m/分)	37.5	37.5	22	17.4
慣性モーメント J (kg・S ² /cm)	2000	2000	2000	2000
共振ピーク点の電 動モータの回転数 (r.p.m)	1500	750	500	250
第4図における表	A	B	C	D

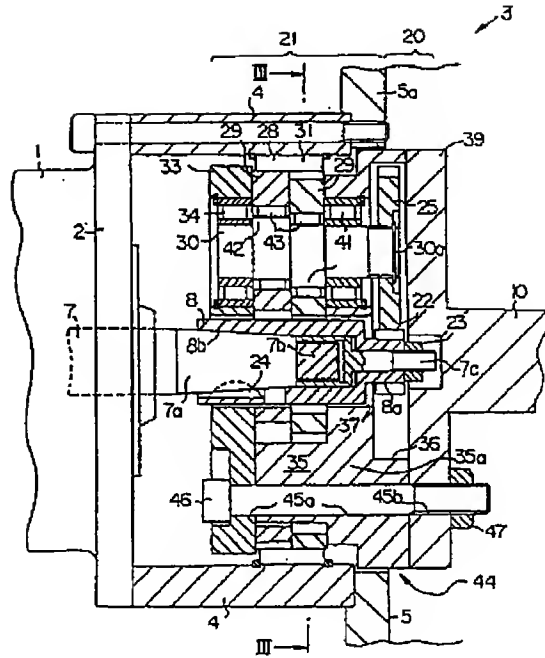
（注1）：遊星歯車減速は偏心揺動型の遊星歯車装置

を、歯車減速は平行軸型の平歯歯車列装置を示す。

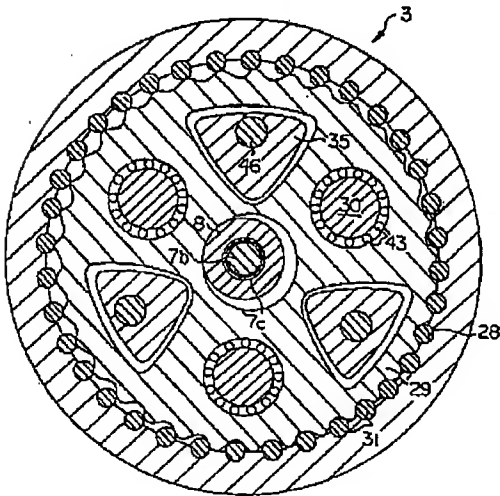
【図1】



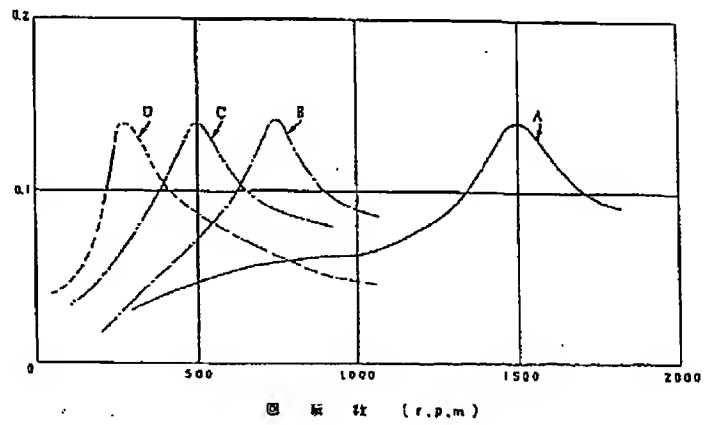
【図2】



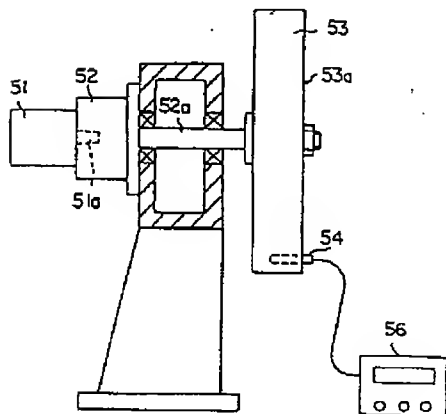
【図3】



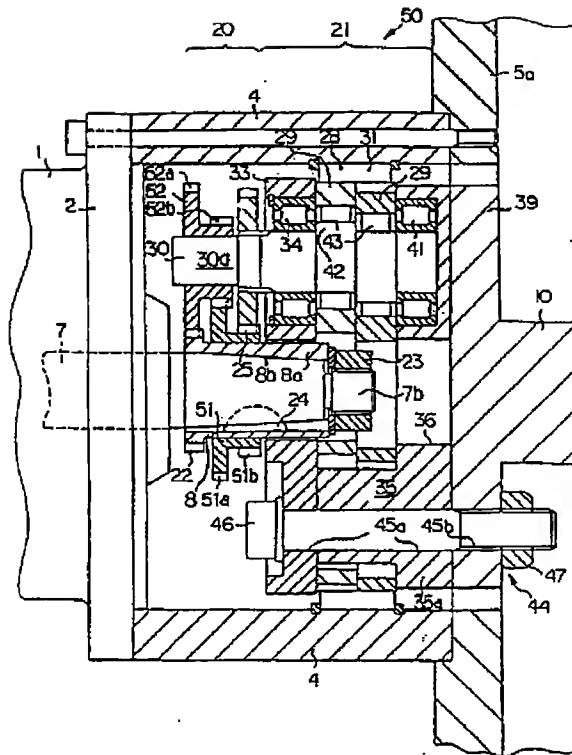
【図4】



【図5】



【図6】



【手続補正書】

【提出日】平成6年12月22日

【手続補正1】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図6

【補正方法】削除

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】産業ロボットの関節駆動用減速装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 内歯歯車、該内歯歯車に噛み合う外歯歯車、該外歯歯車に係合してこれを偏心揺動させる複数のクランク軸、およびそれらクランク軸を軸受を介して支持すると共に外歯歯車の自転運動を被駆動部に伝達する出力部材としての支持体を有する偏心揺動型の遊星歯車装置と、
前記遊星歯車装置の外歯歯車および支持体を挿通し、モータ回転軸嵌合用の嵌合孔が設けられた一端部および該一端部より小径であって自由端の他端部を有し、かつ前

記支持体と同一軸上に配設された入力軸部材としての入力回転軸、該入力回転軸の他端部に結合された入力歯車、および該入力歯車に噛み合うと共に前記各クランク軸にそれぞれ結合された出力歯車、を有する平行軸型歯車装置と、を備え、

前記入力歯車および前記出力歯車と前記支持体の前記入力回転軸一端部側端面との間に前記外歯歯車が位置し、前記支持体の前記入力回転軸他端部側端面と前記外歯歯車との間に前記入力歯車および前記出力歯車が位置し、前記支持体の前記入力回転軸他端部側端面をロボットアーム駆動軸取付用着座面とし、前記平行軸型歯車装置の減速比を $1/2 \sim 1/5$ の範囲内とし、前記遊星歯車装置の減速比を $1/25 \sim 1/60$ の範囲内とし、前記平行軸型歯車装置と前記遊星歯車装置とにより総減速比を $1/110 \sim 1/190$ としたことを特徴とする産業ロボットの関節駆動用減速装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は産業ロボットの関節駆動用減速装置に関する。

【0002】

【従来の技術】産業ロボットにおいては、一般に、作業

に適した出力トルクを得るために、アーム等の関節部の駆動系には、高速低トルクの電動サーボモータまたは電動パルスモータと、この出力を低速高トルクに変換する減速装置とを用いている。また、そのような減速装置は、例えば、減速比 $1/120$ 程度の大減速比を有していること、また、歯車間のガタ、すなわち、いわゆるバックラッシュが小さいこと、さらに、慣性を小さくするため軽量であること等が要求される。

【0003】このような要求を満たす従来の減速装置としては、例えば、特開昭59-175986号公報に開示されているような調和歯車装置（撓み嚙合式の遊星歯車装置）および特開昭59-106744号公報に開示されているような偏心揺動型の遊星歯車装置がある。前者の減速比は一般に $1/80 \sim 1/320$ 程度であり、後者の減速比は一般に $1/6 \sim 1/200$ 程度である。また、前者は後者に比して減速比当たりの外径、重量が小さく、かつ、ほとんどのロボットアームの関節部の駆動用減速装置として必要な減速比および機械的強度を満足している。したがって、ロボットアームの関節部駆動用減速装置のほとんどは調和歯車装置単体が適用され、まれに、調和歯車装置でも得られないほどの大減速比を必要とするもの、すなわち、小容量高速回転（例えば、出力が1000ワット以下で回転数が5000rpm）型のモータをロボットアームの駆動に用いる場合のように $1/625$ 程度の減速比を必要とするもの、については特開昭56-152594号公報に開示されているように調和歯車装置に前段減速装置を結合したものが用いられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した各減速装置をロボットの関節装置に用いた場合、減速装置に入力する電動モータ回転数が低い領域で減速装置とロボットアーム等とがねじり共振を起こすという問題点があった。共振現象としては、ロボットアームの関節部近傍にねじり振動が現われることが多く、その結果、ロボットアームの先端位置が定まらなくなり、ロボットによる作業のうち溶接、シーリング、組立等、一般に電動モータの低回転数領域で行われる作業において、正確な作業軌跡を得られない等の問題が生じる。

【0005】このような問題に対し、特開昭58-211881号公報には、発生した振動を打ち消すように電動モータの速度指令信号を変化させる電氣的制御方式が提案されている。しかしながら、このような方式においてはフィードバックゲインを大きくすると系が不安定となり、特に剛性の低いロボット駆動系においては、逆に発振し易くなるという問題を生じるため、ゲインを大きくできず、したがって、十分な振動打ち消し効果を得られない。

【0006】また、特開昭59-175986号公報には高張力を与えたタイミングベルトで減速機を駆動し、

該ベルトで振動を吸収する方式のものが提案されている。しかしながら、この方式においてはタイミングベルトが破断するという危険がある。また、特開昭59-115189号公報には減速機の主軸にばねとおもりから成る吸振器を取付ける方式が提案されている。しかし、この方式においては遠心力により吸振器が破損したり、ロボットの負荷荷重に対応しておもり等を調整しなければならないという問題点がある。さらに、これらのものは、複雑になり、部品数も多くなるという問題点がある。

【0007】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明は、最も大きな振動がロボットに生じる時のポイントを、ロボットによる作業のうち溶接作業等のように正確な作業軌跡を要する作業の領域外にシフトできる産業ロボットの関節駆動用減速装置を提供することを目的とする。

【0008】本発明は、産業ロボットの関節駆動用減速装置において、内歯歯車、該内歯歯車に嚙み合う外歯歯車、該外歯歯車に係合してこれを偏心揺動させる複数のクランク軸、およびそれらクランク軸を軸受を介して支持すると共に外歯歯車の自転運動を被駆動部に伝達する出力部材としての支持体を有する偏心揺動型の遊星歯車装置と、前記遊星歯車装置の外歯歯車および支持体を挿通し、モータ回転軸嵌合用の嵌合孔が設けられた一端部および該一端部より小径であって自由端の他端部を有し、かつ前記支持体と同一軸上に配設された入力軸部材としての入力回転軸、該入力回転軸の他端部に結合された入力歯車、および該入力歯車に嚙み合うと共に前記各クランク軸にそれぞれ結合された出力歯車、を有する平行軸型歯車装置と、を備え、前記入力歯車および前記出力歯車と前記支持体の前記入力回転軸一端部側端面との間に前記外歯歯車が位置し、前記支持体の前記入力回転軸他端部側端面と前記外歯歯車との間に前記入力歯車および前記出力歯車が位置し、前記支持体の前記入力回転軸他端部側端面をロボットアーム駆動軸取付用着座面とし、前記平行軸型歯車装置の減速比を $1/2 \sim 1/5$ の範囲内とし、前記遊星歯車装置の減速比を $1/25 \sim 1/60$ の範囲内とし、前記平行軸型歯車装置と前記遊星歯車装置とにより総減速比を $1/110 \sim 1/190$ としたことを特徴とするものである。

【0009】

【実施例】以下、本発明に係る産業ロボットの関節駆動用減速装置を図面に基づいて説明する。第1図ないし第3図は本発明に係る一実施例を示す図である。

【0010】まず、構成について説明する。第1図は本発明に係る産業ロボットの関節駆動用減速装置を用いたロボットの関節部の全体概略図である。1は電動モータであり、電動モータ1のフランジ2は減速装置3の筒体4に固定されている。筒体4は第1部材としての第1アーム5の先端部5aに固定されている。電動モータ1の

出力の回転軸（駆動軸）7は減速装置3の入力回転軸（入力軸部材）8（第2図）に連結され、減速装置3の出力は軸10に伝達され、軸（出力軸部材）10は円筒体11を貫通してロボットの第2アーム12に固定されている。

【0011】第2アーム12の端部の筒状体13と第1アーム5の先端部5aの下面から下方に突出する円筒型の突出体15との間には一对のベアリング16が介装され第2アーム12は第1アーム5に回転自在に支持されている。突出体15の内周面と円筒体11の中央部の外周面との間には一对のベアリング17が介装されている。円筒体11の上部および下部の内面と軸10との間にはそれぞれ一对のベアリング18が介装されている。したがって、減速装置3は電動モータ1の回転数を減速してロボットの被駆動部すなわち第2アーム12を回転させる。また、電動モータ1、減速装置3、第2アーム12および第2アームに接続された負荷は駆動系を構成する。

【0012】減速装置3は第2図および第3図に示すように、電動モータ1の回転数を減速する前段回転伝導手段としての前段減速機20に連結され、回転数をさらに減速する後段回転伝導手段としての後段減速機21と、から構成されている。前段減速機20は通常の平行軸型歯車装置であり、平歯歯車により構成され、後段減速機21の遊星歯車装置の入力側に設けられ、後段減速機21とはわざわざ異なる型式になされている。

【0013】電動モータ1の回転軸7の先端部7aはテーパ軸であり、先端にねじ7bを有する。ねじ部7bにはモータ出力軸の一部を構成する連絡軸7cが螺合されている。8は入力回転軸であり、その先端部8aは自由端、つまり軸受等で支持されておらず、この先端部8aに前段減速機20のピニオン22が設けられると共にモータ回転軸7を貫通させる孔8bを有し、且つ孔8bは回転軸7をテーパ部と係合するテーパ孔部を有する。入力回転軸8は電動モータ1の回転軸7の先端部7aにナット23によりねじ止めされる。回転軸7の先端部7aは入力回転軸8に半月キー24により固定されている。すなわち、入力回転軸8は、電動モータ1の回転軸7と同軸に配置され、後段減速機21の外歯歯車29を挿通して電動モータ1の回転軸7を覆うようにして回転軸7に嵌合する一端部およびこの一端部より小径であって自由端の他端部を有している。このような構成により入力回転軸8の先端部8aの軸径はモータの回転軸7の軸径より小さくすることができ、したがって、ピニオン22の歯数はモータ回転軸7に歯車を直接装着させる場合に比べ、少なくすることができ、容量の割に回転軸径の大きい市販電動モータ1を用いる場合であっても、所定の前段減速比を得ることができる。ピニオン22に噛み合う3個の平歯歯車25は、後述する3本の入力クランク軸30にそれぞれ結合している。ピニオン22およびお

平歯歯車25は、それぞれ前記平行軸型歯車装置の入力歯車、出力歯車を構成している。

【0014】遊星歯車装置（後段減速機）21は筒体4に固定して設けられた内歯歯車28と、内歯歯車28に噛み合う一对の外歯歯車29と、外歯歯車29に係合して外歯歯車29を揺動回転させる偏心入力軸としての3本の入力クランク軸30と、から構成されている。また、内歯歯車28はピン歯31を用いたピン歯車で構成され、かつ外歯歯車29の歯数より1つだけ多い歯数を有している。33は円板状のフランジであり、フランジ33は遊星歯車装置21の前端部を構成し、かつ、入力クランク軸30を円周上に等配しベアリング34を介して軸支している。

【0015】35はブロック体であり、ブロック体35はその中心部に軸方向の円筒状孔37を有し、入力回転軸8が遊嵌されている。同様に外歯歯車29およびフランジ33の中心部にも孔が設けられている。ブロック体35はその後端部に凹み36を設けたフランジ部35aを有し、軸10のフランジ部39に対向している。凹み36とフランジ部39とによって形成された空洞内には、前段減速機20が収納されている。ブロック体35のウランジ部35aは入力クランク軸30を円周上に等配しベアリング41を介して軸支している。入力クランク軸30の延在部30aは凹み36内まで突出し、平歯歯車25を固定している。

【0016】入力クランク軸30は円板部33とブロック体35の円周上に軸受34、41を介して支持され、入力クランク軸30の中央には180°の位相差をもつ一对のクランク部42を有し、各クランク部42はベアリング43を介して外歯歯車29を偏心揺動させるようにしている。ここで、前述したフランジ部33と、ブロック体35とは支持体44を構成する。フランジ部33、ブロック体35およびフランジ部39は複数のボルト46および固定ナット47により同時に一体的に固定されている。前述したピニオン（入力歯車）22および平歯歯車（出力歯車）25と支持体44のモータ1側端面との間に、後段減速手段の外歯歯車29が位置し、支持体44のロボットアーム駆動軸10取付用着座面である反モータ側端面（フランジ部39への当接面）と前記外歯歯車29との間にピニオン22および平歯歯車25が位置している。

【0017】電動モータ1の回転は回転軸7および入力回転軸8を介して前段減速機20のピニオン22に伝達され、前段減速機20で減速される。前段減速機20の出力は平歯歯車25の歯車軸により遊星歯車装置21のクランク軸30に入力される。次いで、クランク軸30の回転により偏心揺動させられる外歯歯車29と、この外歯歯車29と噛み合い外歯歯車29より1つ多い歯数を有する内歯歯車28とによりさらに減速され、外歯歯車29のゆっくりした自転運動はキャリアとして作用す

る支持体44から軸10に伝達されアーム12が回転される。

【0018】本実施例においては、入力回転軸8から軸10までの総減速比は、 $1/120$ に設定されている。一般に、遊星歯車装置単体が現実にとり得る減速比は当該歯車の歯数の許容応力等から自ずとその上限、下限が定まるものであり、本願の「外歯歯車に係合して外歯歯車を駆動するカム軸を有する型式の遊星歯車装置」においては、実在物としての上限は $1/320$ 程度で、下限は $1/10$ 程度である。したがって、本実施例における総減速比 $1/120$ は、第2段減速部21としての遊星歯車装置単体の実在する減速比の範囲 $1/10$ 程度～ $1/320$ 程度内に設定されている。

【0019】また本実施例においては、電動モータ1の通常制御回転数（ロボットの通常作業時、例えば溶接ロボットに主作業たる溶接作業を行わせる時のモータ回転数）は $0 \sim 1000 \text{ rpm}$ 、前段減速機20の減速比 i_1 は $1/3$ 、遊星歯車装置21の減速比 i_2 は $1/40$ 、減速装置3の総減速比 i は上述したように $1/120$ 、電動モータ1、減速装置3および第2アーム12を含んで構成される駆動系の固有ねじり振動数 f は約 8.4 Hz である。したがって、電動モータ1は産業ロボットの駆動系の固有ねじり振動数に対応する回転数（ 8.4 Hz に相当する 500 rpm ）を通常制御域（ $0 \sim 1000 \text{ rpm}$ ）内に有している。また、前段減速機20は電動モータ1の通常制御域における毎秒最高回転数（ 1000 rpm に相当する毎秒 16.7 回転）を、駆動系の固有ねじり振動数 f （約 8.4 Hz ）以下になるよう（毎秒 5.6 回転）に減速する減速比 i_1 （ $1/3$ ）を有している。第2アームと軸10を中心としたねじりばね定数 K_1 は約 $37.5 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{分}$ である。

【0020】次に作用について説明する。電動モータ1を $0 \sim 1000 \text{ rpm}$ の通常回転数で回転させると、減速比 i_1 が $1/3$ の前段減速機20の出力回転数は $0 \sim 333 \text{ rpm}$ となり、減速比 i_2 が $1/40$ の後段減速機21の出力回転数は $0 \sim 8.3 \text{ rpm}$ となり、この範囲では実質的に有害となるような振動は生じない。電動モータ1の出力回転数が 1500 rpm 近辺（このときの前段減速機20の出力回転数は $1500 \text{ rpm} \times 1/$

$3 = 500 \text{ rpm}$ 近辺、遊星歯車減速機21の出力回転数は $1500 \text{ rpm} \times 1/3 \times 1/40 = 12.5 \text{ rpm}$ 近辺）で最大共振現象が生じ、この時の振動が最も大きい。このような共振現象が電動モータ1の通常回転数領域外で生じる理由は明らかではないが、実験結果から推定するとそのような共振現象の主因となるトルク変動が前段減速機20ではなく、後段減速機21に生じ、そのトルク変動が実施例のような偏心揺動型の遊星歯車装置では入力軸（クランク軸30）1回転当たり1生じるためと考えられる。

【0021】この実施例では、電動モータの通常の回転数領域において遊星歯車装置の入力軸の最高回転数は、 333 rpm 、すなわち毎秒 5.6 回であり、トルク変動は毎秒 5.6 回発生することになる。このため、毎秒 5.6 回のトルク変動があっても駆動系の固有ねじり振動数 f （約 8.4 Hz ）より小さく、かつ離れているので、共振現象は生じないものと考えられる。調和歯車装置（撓み噛み合い式遊星歯車装置）は、実験結果から推定すると、入力軸（ウェーブジェネレータ）の1回転当たりの2つのトルク変動が生じる。なお、電動モータ1および前段減速機20のトルク変動が駆動系の共振に影響を及ぼさないのは、これらのトルク変動は小さいこと、後段部21を介することにより吸収されること等によるものと考えられる。

【0022】

【実験例】前述の実施例の減速装置の他に次表の比較例1～3に示す減速装置について実施した振動測定試験について説明する。比較例1、2の偏心揺動型の遊星歯車装置は、クランク軸および外歯歯車の揺動によるアンバランスを防いで振動の振幅を小さくするため、前述の実施例同様に外歯歯車を2枚としこれらを 180 度の位相差をもって組み付けたもので、かつ、内歯歯車が外歯歯車の歯数より1つ多い歯数を有するものを用いた。また、調和歯車装置は内歯歯車が外歯歯車の歯数より2つ多い歯数を有するものを用いた。それぞれ、減速装置の減速段数、減速比 i_1 、 i_2 、回転ばね定数 K_1 （第9図参照）および慣性モーメント J は次表に示してある。

【0023】

【表1】

	実施例	比較例 1	比較例 2	比較例 3
(注 1) 減速装置の種類	平歯歯車 減速および遊星歯 車減速	平歯歯車 減速および遊星歯 車減速	遊星歯車 減速	調和歯車 装置
減速段数	2 段	2 段	1 段	1 段
減速比 前段 i_1 後段 i_2	$1/3$ $1/40$	$1/1.5$ $1/80$	$1/120$	$1/120$
総減速 i	$1/120$	$1/120$	$1/120$	$1/120$
回転ばね定数 $K1$ (kg・m/分)	37.5	37.5	22	17.4
慣性モーメント J (kg・S ² /cm)	2000	2000	2000	2000
共振ピーク点の電 動モータの回転数 (r.p.m)	1500	750	500	250
第 4 図における表	A	B	C	D

(注 1) : 遊星歯車減速は偏心揺動型の遊星歯車装置を、
歯車減速は平行軸型の平歯歯車列装置を示す。

【0024】実験は第 5 図に示す全体構成図によって実施した。すなわち、電動サーボモータ 51 の出力軸 51a に減速装置 52 を取付け、減速装置 52 の主力軸 52a にロボットの被駆動部（第 2 アーム）の慣性モーメント J に相当する慣性負荷としてフライホイール 53 が取付けられた。フライホイール側面 53a の半径上の位置に、円周方向の加速度および振幅を測定できる圧電素子を利用した加速度ピックアップ 54 を取り付けた。この加速度ピックアップ 54 の出力はインジケータ 56 に連結されている。モータ 51、減速装置 52 およびフライホイール 53 から成る駆動系の固有振動数 f_0 は約 8.4 Hz になるよう調整してある。電動モータの回転数を変化させて、その時のフライホイールの加速度の大きさを測定した。測定結果は第 4 図に示す。横軸は電動サーボモータ 51 の回転数であり、縦軸は加速度ピックアップ 54 で検出された円周方向の加速度（単位：G）を示す。

【0025】比較例 1、比較例 2 および比較例 3 におい

ては、共振のピークはそれぞれ、電動モータ 51 の回転数が、略 750 rpm、略 500 rpm および 250 rpm のときであり、電動モータ 51 の通常制御回転数 0 ~ 1000 rpm の範囲で最も大きな振動が生じている。しかしながら、本発明に係る減速装置を用いた実施例の場合には、電動モータの通常制御領域外である 1500 rpm を中心とする近傍で共振ピークが生じ、この時の振動が最も大きい。しかし、通常制御回転数 0 ~ 1000 rpm の範囲では、振動が低く抑えられており、問題がない大きさになっている。

【0026】なお、後段回転伝導手段としての偏心揺動型遊星歯車装置を用いた本発明においては、前段減速機の減速比をロボットの固有ねじり振動数と電動モータの毎秒当たり最高回転数との比より大きくすることにより、最大共振現象の発生を電動モータのロボットにおける一般的通常制御回転数範囲 0 ~ 1000 rpm 以上の領域にシフトすることができる。例えばロボットの固有ねじり振動数 f_0 が 5 ~ 9 Hz、電動モータ回転数が最

高回転数2000rpmで通常制御回転数0~1000rpmの範囲で共振ピークを生じさせないこととし、更に必要減速比が $1/110 \sim 1/190$ の場合は、前段減速比 i_1 を $1/2 \sim 1/5$ 、後段減速比 i_2 を $1/25 \sim 1/60$ から選択することができる。

【0027】ここで、通常制御回転数0~1000rpm以上の範囲に共振ピークをシフトさせる目的で、以上述べた総減速比の範囲及び固有ねじり振動数の範囲における各種の場合について、前段減速比 i_1 と後段減速比 i_2 を計算してみる。総減速比 $1/110$ の場合の計算を行うと、 $f_0 = 5\text{Hz}$ では i_1 は $1/3$ 、3より高減速比の例えば $1/4$ を選べ、 $i_2 = 1/27$ 、5が求まり共振ピークは1200rpmと予測できる。 $f_0 = 9\text{Hz}$ では i_1 は $1/1.85$ より高減速比の例えば $1/2$ を選べ、 $i_2 = 1/55$ が求まり共振ピークは1080rpmと予測できる。同様に総減速比 $1/190$ の場合の計算を行うと、 $f_0 = 5\text{Hz}$ では i_1 として例えば $1/4$ を選ぶと $i_2 = 1/47$ 、5が求まり共振ピークは1200rpmと予測できる。 $f_0 = 9\text{Hz}$ では i_1 として例えば $1/3$ 、3を選べば $i_2 = 1/57$ 、6が求まり共振ピークは1782rpmと予測できる。いずれの場合においても前述の減速比範囲から i_1 、 i_2 を選択することができ、しかも共振ピークは1000rpm以上とすることができるとわかる。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、本来なら、撓み噛み合い型遊星歯車装置（調和歯車装置）や偏心揺動型遊星歯車装置のように内歯歯車、内歯歯車に噛み合う外歯歯車および該外歯歯車に係合してこれを駆動するカム軸を有する型式の単一の遊星歯車装置（以下、「カム軸入力型遊星歯車装置」と言う。）により総減速比を満足できる産業ロボットの関節駆動用減速装置において、偏心用動型遊星歯車装置（後段回転伝導手段）の入力側にわざわざ平行軸歯車装置（前段回転伝導手段）を設けて前段回転伝導手段と後段回転伝導手段とにより上記総減速比を得るようにしているので、本発明に係る減速装置をロボットの関節駆動に用いてロボットに共振が生じるとしても最大共振現象の生じるポイント若しくは最も大きな振動の生じるポイントを、従来に比し格段に高い駆動源（電動モータ）回転数領域あるいは所望の駆動源回転数領域にシフトさせることができる。したがって、最も大きな振動の生じる時のポイントを、ロボットによる作業のうち溶接作業等のように正確な作業軌跡を要する作業の領域外にシフトさせることができ、ロボットの作業効率の向上に寄与することができる。

【0029】加えて、本発明によれば、平行軸歯車装置が遊星歯車装置を貫通する回転軸を有すると共に、その回転軸が、偏心揺動型の遊星歯車装置の外歯歯車を挿通してモータの駆動軸を覆うようにして該駆動軸に嵌合す

る一端部および該一端部より小径の他端部を有しているもので、回転軸の他端軸径をモータ軸径より補足することができ、モータ軸径が太い場合であっても簡単な構造により入力歯車の大きさを小さく設定することも、大きく設定することもできる。その結果、モータ軸径が太い場合であっても平行軸歯車装置の減速比を幅広い値から選定することができ、上記最大共振現象の生じるポイントをシフトさせることのできる領域に十分に確保することができる。

【0030】さらに、本発明によれば、前段減速手段の回転軸は、偏心揺動型遊星歯車装置を貫通し、そのモータ側がモータの駆動軸と嵌合されているのに対し、入力歯車が結合された反モータ側が自由端となっているため、回転軸の入力歯車が結合された部分が放射方向に微動可能となる。その結果、複数の出力歯車に均等に伝達トルクがかかるように、回転軸が自動調心性を有するものとなる。従って、複数のクランク支持用の軸受に、均等に負荷が作用し、減速機の寿命の低下が防止できる。

【0031】前段減速手段の回転軸はこのように構成されており、しかも、偏心揺動型遊星歯車装置の外歯歯車を、前段減速手段の入力歯車および出力歯車と後段減速手段の支持体のモータ側端面との間に位置させ、且つ支持体のロボットアーム駆動軸取付用着座面である反モータ側端面と前記外歯歯車との間に前記入力歯車および出力歯車を位置させているので、減速装置全体がコンパクトになるとともに、支持体の前記反モータ側端面にロボットアーム駆動軸を簡単且つコンパクトに取り付けることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る産業ロボットの関節装置の第1実施例の全体概略説明図

【図2】第1実施例の減速装置の要部断面図

【図3】図2のIII-III矢視断面図

【図4】本発明に係る産業ロボットの関節装置の実施例および比較例の性能の説明図

【図5】図4に係る実施例の全体構成図

【符号の説明】

- 1 電動モータ
- 3 減速装置
- 5 第1アーム
- 8 入力回転軸（入力軸部材）
- 12 第2アーム（第2部材）
- 20 前段減速機（前段回転伝導手段、平行軸歯車装置）
- 21 後段減速機（後段回転伝導手段、遊星歯車装置）
- 28 内歯歯車
- 29 外歯歯車
- 30 入力クランク軸（カム軸、クランク軸）
- 33、35a フランジ（支持体）